



Relations entre pratiques d'enseignement de la physique au lycée et performances des élèves : cas de l'enseignement de la mécanique.

Layal Malkoun, Jacques Vince, Andrée Tiberghien

► To cite this version:

Layal Malkoun, Jacques Vince, Andrée Tiberghien. Relations entre pratiques d'enseignement de la physique au lycée et performances des élèves : cas de l'enseignement de la mécanique.. Cinquième rencontres nationales de l'ARDIST, Oct 2007, La Grande Motte, France. pp.253. halshs-00376633

HAL Id: halshs-00376633

<https://shs.hal.science/halshs-00376633>

Submitted on 18 Apr 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Relations entre pratiques d'enseignement de la physique au lycée et performances des élèves : cas de l'enseignement de la mécanique.

Layal MALKOUN, Université Lyon 2, UMR ICAR.

Jacques VINCE, professeur au lycée Ampère à Lyon, INRP, UMR ICAR.

Andrée TIBERGHEN, Directrice de recherche CNRS, UMR ICAR.

Résumé.

Notre recherche vise à étudier les relations entre l'évolution des performances des élèves entre le début et la fin de l'enseignement et l'activité d'enseignement dans des classes de seconde pour la partie "mécanique". Dans une perspective socioconstructiviste, nous faisons l'hypothèse que, pour donner la possibilité d'apprendre une notion en classe, cette notion doit être enseignée, mettre en jeu des interactions verbales, et nécessite la médiation d'un adulte. Nous considérons que le savoir enseigné est spécifique d'une classe particulière dans la mesure où il est co-élaboré par le professeur et les élèves. Nous distinguons le savoir acquis par les élèves du savoir enseigné, et nous nous centrons sur l'évolution du savoir enseigné au cours du temps. Nos données sont constituées de questionnaires passés avant et après l'enseignement dans 9 classes "ordinaires" et 11 classes ayant suivi une séquence d'enseignement innovante, ainsi que des enregistrements vidéo de 2 classes (une de chaque groupe). L'analyse des questionnaires et du savoir enseigné en classe est faite à l'échelle de temps microscopique en décomposant le savoir en « petits éléments de connaissances » ou facettes. Ces analyses en termes de facettes nous permettent de faire des hypothèses sur les performances des élèves, puis de les confronter aux résultats effectifs des classes.

Mots clés : enseignement, pratiques de classe, performances des élèves, échelle microscopique, facettes conceptuelles, mécanique, physique.

Abstract.

*Our research aims at studying relations between the evolution of students' performances between the beginning and the end of a teaching sequence and the activity of teaching, in 10th grade classes, for the "mechanics" part. In a socioconstructivist perspective we make the hypothesis that to give the possibility of learning a notion in a class this notion must be taught, must involve verbal interactions and the mediation of adults is necessary. We consider that taught knowledge is specific of a particular class as much as it is co-worked out by the teacher and the students. We differentiate the knowledge acquired by the students of taught knowledge, and we center on the evolution of the knowledge taught in the course of time. Our data are constituted of questionnaires passed before and after the teaching sequence in 20 classes, 9 "ordinary" and 11 having followed an innovative teaching sequence, as well as video recordings of 2 classes (one of every group). The analysis of questionnaires and taught knowledge is made on the microscopic time scale by breaking down knowledge into « small elements of knowledge » or facets. The analysis in terms of facets allows us to make hypotheses on the performances of the students and to confront these hypotheses then with the real results of classes. **Keys words:** teaching, class practices, students' performances, microscopic scale, conceptual facets, mechanics, physics.*

Relations entre pratiques d'enseignement de la physique au lycée et performances des élèves : cas de l'enseignement de la mécanique.

Layal MALKOUN, Université Lyon 2, UMR ICAR.

Jacques VINCE, professeur au lycée Ampère à Lyon, INRP, UMR ICAR.

Andrée TIBERGHIE, Directrice de recherche CNRS, UMR ICAR.

Introduction et problématique

Actuellement, alors que les évaluations internationales et nationales se développent, plusieurs recherches visent à mettre en relation les performances des élèves et les pratiques de classe (Hiebert et al., 2003 ; Fischer et al., 2005). À notre connaissance, les hypothèses permettant d'anticiper des effets de l'enseignement effectif en classe sur les performances des élèves sont encore objets de débats. Notre recherche s'inscrit dans cette voie. Elle concerne les relations entre l'évolution des performances des élèves relatives aux acquisitions conceptuelles (notre étude se limite à ce type de performances) entre le début et la fin de l'enseignement et l'activité d'enseignement dans la classe, en prenant appui sur la partie "mécanique" du programme actuel de physique de la classe de seconde (BOEN, 1999). Ces relations sont questionnées selon deux modalités :

(1) une comparaison des performances de deux "grands" groupes : un groupe expérimental ayant suivi une séquence innovante sur le sujet et un groupe témoin. La séquence innovante a été conçue par une équipe de recherche développement *Sesames* (on note "R&D" les classes dans lesquelles cette séquence « prescrite » a été mise en œuvre) ; un groupe témoin, pour lequel la séquence d'enseignement a été élaborée de façon personnelle par le professeur (par commodité, on note à partir de maintenant "ordinaire" de telles classes en faisant l'hypothèse très simplificatrice que cette pratique est la plus répandue).

(2) une analyse détaillée du savoir enseigné et du fonctionnement d'une classe de chacun de ces deux groupes, pour fournir des outils d'interprétation des évolutions des performances des élèves.

Cette proposition se centre sur quelques hypothèses au sujet des relations possibles entre l'activité de la classe et les performances des élèves. Ces hypothèses portent sur le fonctionnement du savoir dans la classe dans le cadre d'une étude empirique. Plus précisément, il s'agit d'un affinement des hypothèses posées *a priori* plutôt que d'une construction *a posteriori* à partir de l'analyse des données.

Cadre théorique

Nous développons ici le cadre théorique portant sur notre analyse du fonctionnement de la classe afin de la mettre en relation avec l'évolution des performances des élèves en rappelant que nous nous centrons sur les acquisitions conceptuelles.

A la suite de Sensevy & Mercier (2007), nous considérons qu'une action didactique est nécessairement conjointe ; ainsi le savoir en jeu dans la classe, c'est-à-dire le savoir enseigné, est une construction conjointe du professeur et de ses élèves et donc spécifique d'une classe. Nous associons cette perspective théorique avec celle du socio-constructivisme, pour proposer quatre hypothèses.

Les deux premières hypothèses sont très liées : (1) les acquisitions des élèves ont une relation complexe avec le savoir enseigné et (2) l'acquisition conceptuelle peut nécessiter beaucoup de temps (plus que le temps de leur enseignement) et les élèves apprennent le plus souvent par petits éléments de connaissance. Ceci a une conséquence méthodologique directe que nous développons plus loin : pour étudier l'évolution conceptuelle des élèves avec l'enseignement, il faut décomposer le savoir enseigné de manière fine. Ainsi, nous distinguons l'organisation du savoir disciplinaire enseigné et le cheminement de l'élève dans son apprentissage. Ainsi, pour la mécanique en classe de seconde, le principe d'inertie est une notion fondamentale mais les cheminements des élèves pour acquérir sa

compréhension (au moins partielle) peuvent être divers et passer par un approfondissement de la notion de vitesse pour certains, de la notion de force pour d'autres ou même d'autres concepts pour d'autres élèves. Niedderer et al. (2005) proposent des cheminements des élèves en termes de conceptions intermédiaires. De plus, pour comprendre une relation en physique, le cheminement de l'élève ne consiste pas à comprendre successivement chaque terme de la relation ; la compréhension peut se construire sur l'ensemble : relation *et* éléments de la relation.

La troisième hypothèse est qu'un élément de connaissance ne s'apprend pas de la même façon qu'un autre et que le coût cognitif peut être bien différent selon l'élément ou selon le groupe dans lequel il s'insère. Cette condition sur le groupe d'insertion est essentielle car le sens d'un élément ne s'apprend pas de manière isolée, les liens établis pour construire le sens sont liés au coût cognitif et donc à leur facilité d'apprentissage. Nous distinguons : les concepts reconnus comme difficiles à acquérir par les travaux sur les conceptions (dans notre cas la relation force - variation de la vitesse) et les éléments conceptuels standards ou de connaissances formelles qui se rapprochent de routines (de calcul, de représentation, ou langagières). Il s'agit là d'une hypothèse que notre étude contribue à étayer.

(4) Nous considérons que si le savoir enseigné offre l'occasion de reprises ou de répétitions du savoir nouvellement introduit alors il favorise l'acquisition des connaissances par l'élève. De plus, à la suite de nos hypothèses sur les relations entre le cheminement des élèves et le rythme de l'enseignement, nous supposons que les reprises ou les répétitions du savoir nouvellement introduit devraient avoir des conséquences observables sur les performances des élèves relatives aux éléments conceptuels standards ou de connaissances formelles se rapprochant de routines. Pour les acquisitions conceptuelles difficiles, nous ne faisons pas d'hypothèse spécifique, notre recherche devrait conduire à quelques propositions.

Méthodologie

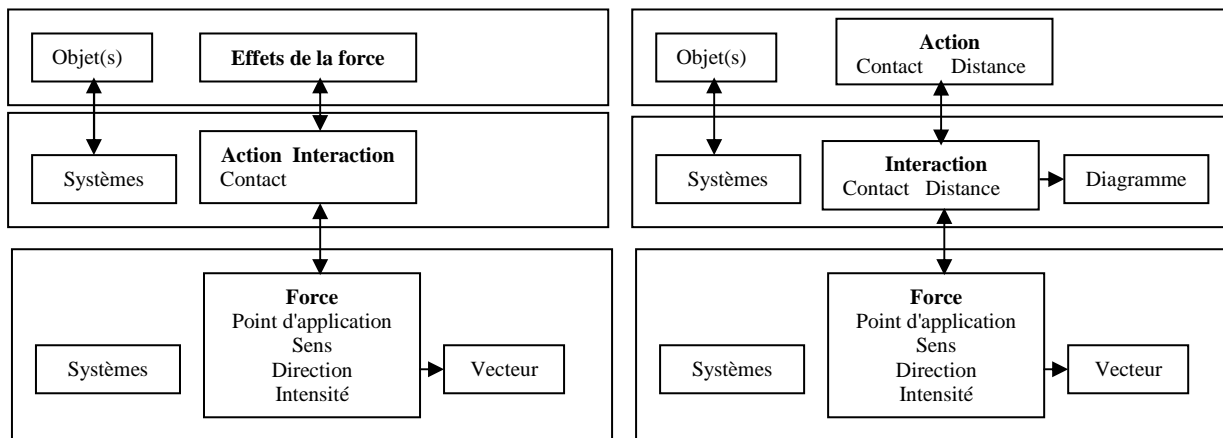
Données récoltées

Notre recherche se situe à la croisée de deux études : l'une porte sur l'évaluation de la mise en œuvre de la séquence d'enseignement de mécanique en seconde conçue par le groupe Sesames et l'autre porte sur l'étude du fonctionnement d'une classe de physique quelle que soit la séquence utilisée.

Pour évaluer l'évolution des performances des élèves nous avons fait passer un questionnaire avant et après enseignement ; les huit questions posées avant sont présentes dans le questionnaire après enseignement qui comporte quelques questions supplémentaires. Ce questionnaire, élaboré à partir d'un travail sur l'évaluation en classe concernant la mécanique en seconde (Coulaud, 2005), a été passé dans 20 classes. Les classes ayant passé le questionnaire ont été choisies selon qu'elles ont suivi la séquence R&D (11 classes "R&D") ou non (9 classes "ordinaires" pour lesquelles nous nous sommes assurés que le professeur n'adoptait pas même une partie de la séquence R&D). Les enseignants des vingt classes (9 classes "ordinaires" et 11 classes "R&D") ont tous pu lire le questionnaire avant ou lors de la première passation mais aucune trace écrite du questionnaire ne leur était laissée entre la première et la seconde passation après enseignement. Pour étudier finement le contenu de l'enseignement, nous avons choisi une classe dans chacun de ces deux groupes, nommées classe 1 pour le groupe "ordinaire" et classe 2 pour le groupe "R&D", qui ont été filmées pendant toute la durée de l'enseignement de la partie dynamique du thème du programme « l'univers en mouvement et le temps ». Ainsi, le choix de la classe filmée dans chaque groupe d'appartenance ("ordinaire" ou "R&D") a été fait en fonction de l'enseignant, qui acceptait d'être filmé. De plus, pour chacune des deux classes filmées, nous avons fait un entretien rapide avec l'enseignant et nous avons recueilli les productions écrites des élèves.

Analyse a priori du savoir à enseigner

Nous considérons qu'une analyse conceptuelle du programme officiel est nécessaire (figures 1a) aussi bien pour l'élaboration des questionnaires que pour les analyses de pratiques des classes. La figure 1b présente une analyse conceptuelle des spécificités de la séquence d'enseignement « R&D » pour la partie force. La différence d'analyse conceptuelle de la séquence R&D induit un enseignement spécifique de la notion d'action et de son lien avec la force. Pour la partie "Introduction du principe d'inertie", la spécificité porte essentiellement sur l'énoncé des lois sous la forme de quatre implications logiques entre compensation ou non des forces et le type de mouvement.



a- Cas du programme officiel pour la force

b- Cas de la séquence R&D pour la force

Figure 1 Analyse conceptuelle de la partie introduction de la force (d'après Coulaud, 2005)

Cette analyse conceptuelle est à la base de la construction du questionnaire. Nous n'avons testé que les parties communes au programme officiel et à la séquence R&D et nous nous sommes assurés que les questions n'étaient pas "typées" par la séquence R&D (en particulier par entretien avec les enseignants ne connaissant pas cette séquence).

Pour interroger la relation entre les résultats du questionnaire et la pratique de chaque classe, nous commençons par analyser indépendamment les questionnaires et la pratique des classes. Nous sélectionnons ensuite quelques questions pour étudier d'une part les performances des deux groupes de classes, d'autre part les éléments du savoir enseigné relatifs aux notions ou concepts en jeu dans ces questions dans les deux classes appartenant chacune à l'un des deux échantillons. Il s'agit donc d'une analyse *a priori* des savoirs qui peuvent être en jeu dans la réponse à ces questions et d'une analyse *a posteriori* du savoir enseigné relatif à ces notions.

Décomposition du savoir

Les hypothèses détaillées dans le cadre théorique nécessitent une méthodologie appropriée pour décomposer le savoir en éléments. Nous avons fait le choix de prendre deux échelles (Tiberghien et al. 2007, Tiberghien et Malkoun, sous presse). L'échelle *méso* est celle des thèmes (de la dizaine de minutes, regroupement thématique d'un ensemble d'énoncés), elle ne sera pas développée ici. L'échelle *micro* est celle des facettes (de l'ordre de la seconde, un énoncé minimum pour garder une signification conceptuelle).

Pour la décomposition en facettes nous nous référons aux travaux de Minstrell (1992) et de Galili et Hazan (2000). Les facettes peuvent se rapporter au contenu (par exemple "La Terre agit sur les objets") ou à des stratégies de résolution, ou représenter un élément générique de raisonnement par exemple une relation causale et être des alternatives à la connaissance scientifique. Dans notre cas, les facettes servent à analyser le savoir enseigné, la formulation est donc celle de la physique enseignée. Une facette correspond à un énoncé qui sert de référence à l'analyse des productions discursives et permet ainsi de renvoyer un énoncé effectif à un énoncé considéré comme ayant la même signification.

La construction des facettes s'est fondée sur le travail de Küçüközer (2005). Nous avons *a priori* repris les facettes à partir des modèles du savoir à enseigner proposés par le groupe de recherche – développement (Sesames, 2004). *A posteriori* nous ajoutons des facettes correspondant au savoir enseigné effectif.

Nous avons regroupé les facettes en « grandes facettes » sur la base de la physique, puis sélectionné à partir du traitement numérique des facettes quelques résultats qui nous semblent significatifs du savoir enseigné. Nous distinguons les facettes correspondant à la première introduction d'un élément de savoir de celles correspondant à un élément de savoir « réutilisé ».

Résultats des questionnaires sur les éléments sélectionnés

Pour la présentation de ces résultats nous prenons les distinctions proposées dans les hypothèses.

Concepts difficiles à acquérir

Certaines questions du questionnaire ont été conçues pour tester l'acquisition de la relation entre force et mouvement en ce qui concerne un type de situation que l'on sait difficile pour les élèves : un objet est mis en mouvement par un acteur (humain en particulier) puis lâché. Une fois lâché, cet objet continue à se déplacer sur un support ou dans l'air, alors les seules forces qui s'exercent sur cet objet sont celle de la Terre et celles des objets avec lesquels il reste en contact. Ainsi, un ballon une fois lancé à la verticale peut continuer à monter avec comme principale force exercée sur lui celle de la Terre (son poids) et si on ne la néglige pas celle de l'air. Il se déplace vers le haut et la résultante des forces qui s'exercent sur lui est vers le bas. De nombreuses études antérieures ont montré qu'une part non négligeable des élèves (voire une majorité) de tous niveaux propose une force dans la direction du mouvement qui s'exerce sur l'objet.

Deux items dans deux questions testent cette connaissance (tableaux 1 et 2).

Un joueur de hockey sur glace a lancé un palet. Une fois lancé, le palet glisse sur la glace avec un mouvement rectiligne uniforme (un schéma est associé)
 Question 3. Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le palet lorsqu'il glisse sur la glace.
 Item proposé: Une force dans la direction du mouvement

	Avant		Après		Différence bonne réponse
	Cochée	Non cochée	Cochée	Non cochée	
"ordinaire" (N=252)	70	30	49	51	21
<i>Classe 1 (ordinaire) (N=28)</i>	68	32	39	61	29
"R&D" (N=333)	69	31	25	75	44
<i>Classe 2 (R&D) (N=31)</i>	74	26	26	74	48

Tableau 1 : pourcentage d'élèves ayant coché ou non la case « force dans la direction du mouvement »
 (bonne réponse en gras)

Ces résultats montrent qu'avant enseignement les classes 1 et 2 sont identiques à l'ensemble des deux groupes auxquels elles appartiennent alors qu'après enseignement la classe 1 se comporte un peu mieux que son groupe et la classe 2 quasiment pareil. Ces deux classes ont nettement progressé. De plus, la classe « R&D » a plus progressé que la classe « ordinaire » (+48% contre +29% de bonnes réponses), la différence étant encore bien plus nette entre les deux groupes (+44% contre +21%).

Au début d'un match de basket l'arbitre prend le ballon et le jette à la verticale vers le haut.
 Dans toutes ces questions, on s'intéresse à la montée du ballon, une fois que l'arbitre l'a lâché. Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le ballon pendant cette phase :
 Item proposé à cocher si il est considéré comme vrai : Une force verticale exercée vers le haut par la main de l'arbitre

	Avant		Après		Différence bonne réponse
	F Mvt	Pas de F	F Mvt	Pas de F	
"ordinaire" (N=252)	88	12	88	12	0
<i>Classe 1 (ordinaire) (N=28)</i>	89	11	93	7	-4
"R&D" (N=333)	89	11	60	40	29
<i>Classe 2 (R&D) (N=31)</i>	87	13	55	42	29

Tableau 2 : pourcentage d'élèves ayant coché (F Mvt) ou non (pas de F) la case pour l'item : Une force verticale exercée vers le haut par la main de l'arbitre

Le groupe "R&D" a sur ce point plus progressé que le groupe "ordinaire". Avant et après enseignement, les deux classes se comportent comme leurs groupes respectifs, alors qu'après enseignement la classe 1 se comporte de manière semblable et la classe 2 est un peu meilleure que son groupe. Au final, la classe 2 a nettement plus progressé que la classe 1.

Nous ajoutons aux deux items précédents une autre question qui porte sur une notion liée, à savoir le passage d'un schéma de forces (se compensant) au type de mouvement possible. Cette question n'a été posée qu'après enseignement. Les résultats montrent de meilleures performances après enseignement pour les élèves du groupe "R&D", également observés dans la classe 2.

On a représenté ci-contre un schéma des forces qui s'exercent sur un système S à un moment donné. Pour chacun des schémas, indiquer si les propositions sont possibles ou impossibles

	Mvt rect unif	immobile
"ordinaire" (N=252)	61	64
Classe 1 (ordinaire) (N=28)	59	79
"R&D" (N=333)	81	82
Classe 2 (R&D) (N=31)	97	93

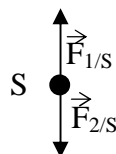


Tableau 3 : pourcentage de réponse ayant choisi l'option « possible » (les deux cas sont possibles pour la physique)

Ces résultats confirment que ces concepts restent difficiles à acquérir ; en particulier la question du ballon lancé verticalement par l'arbitre est une des moins réussies du questionnaire et les autres sont assez mal réussies dans le groupe « ordinaire ». Ceci aurait tendance à confirmer notre catégorisation entre les concepts difficiles à acquérir et les autres, même s'il est nécessaire d'approfondir cette hypothèse.

Éléments de savoirs « standards » ou relatifs à des connaissances de représentations formelles ou de langage

Nous avons sélectionné pour ce travail deux éléments de savoir : l'un relatif à la dénomination du poids (*poids* vs *force exercée par la Terre*), l'autre relatif à la notation des forces ($F_{X/Y}$ quelle que soit la force ou notation classique selon la force, tension d'un fil T, réaction du support sur un objet R...).

Cas du poids versus force exercée par la Terre

Un joueur de hockey sur glace a lancé un palet. Une fois lancé, le palet glisse sur la glace avec un mouvement rectiligne uniforme (un schéma est associé)

Question 3. Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le palet lorsqu'il glisse sur la glace.

Item proposé : le poids	Avant	Après	Différence bonne réponse
"ordinaire" (N=252)	76	93	17
Classe 1 (ordinaire) (N=28)	71	100	29
"R&D" (N=333)	73	64	-8
Classe 2 (R&D) (N=31)	74	64	-10

Tableau 4 : pourcentage d'élèves qui cochent le poids comme force qui s'exerce sur le palet

	Avant		Après		Évolution	
	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2
Force exercée par la Terre sur :	N=28	N=31	N=28	N=31	N=28	N=31
oiseau qui vole	32	81	79	100	46	19
homme qui nage	32	55	68	93	36	39
tronc qui flotte	36	35	68	81	32	45

Tableau 5 : pourcentage de réponses correctes (choix « vrai ») pour la force exercée par la Terre

Les taux de bonnes réponses à ces deux tableaux sont illustratifs : comme pour leur groupe respectif, un pourcentage inférieur d'élèves de la classe 2 (R&D) répond correctement à la question sur le poids du palet (tableau 4). En revanche, la force exercée par la Terre sur plusieurs objets (tableau 5) est mieux reconnue par les élèves de la classe 1. Il faut noter que, pour cette question, les performances avant enseignement sont très différentes pour les deux classes au sujet des deux premières situations (oiseau qui vole et homme qui nage). En particulier pour la première situation, le fort taux de réponses positives avant enseignement pour la classe 2 explique sa faible évolution (de 81% à 100%).

En conclusion, il apparaît que les élèves des deux classes ont progressé de manière importante pour une bonne partie des questions. A l'image des élèves du groupe "ordinaire", les élèves de la classe 1 ont plus progressé sur certains aspects de connaissances « standards » comme le poids alors que ceux de la classe 2 (à l'image de ceux du groupe "R&D") sur d'autres aspects de connaissances comme la force

exercée par la Terre. En ce qui concerne l'acquisition relative à des concepts reconnus comme difficiles, les deux classes ont progressé mais la classe 2 plus que la classe 1 à l'image de leurs groupes respectifs.

A partir de ces résultats, nous allons étudier en quoi les pratiques de ces deux classes permettent d'interpréter ces résultats.

Analyse de la pratique des classes

Comme nous l'avons déjà précisé, dans cette présentation nous nous centrons sur le niveau d'analyse microscopique des productions discursives d'une classe dans la perspective de reconstruire le savoir enseigné au cours d'une séance. Seules les interventions du professeur ou des élèves *formulées pour toute la classe* sont prises en compte par la suite. Nous les nommerons *publiques*.

Quelles facettes sont les plus utilisées ?

Le tableau 6 montre les facettes les plus utilisées dans les deux classes. Dans la classe « R&D » c'est l'action entre objets en contact (20 fois) et dans la classe « ordinaire » son équivalent en termes de force (12 fois). De même, les facettes relatives à l'action ou à la force exercée par la Terre font partie des plus utilisées dans les deux classes. En revanche, une différence très nette est l'importance des facettes sur les représentations symboliques pour la classe « R&D ».

		Classe1 (« ordinaire »)	Classe2 (R&D)
		Interventions publiques	Interventions publiques
Action	Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)	2	20
	La Terre agit toujours sur (attire) les objets	1	15
Mouvement	Le mouvement d'un point est rectiligne quand sa trajectoire est une ligne droite.	14	8
	Lorsque la valeur de la vitesse du point ne varie pas on dit que le mouvement est uniforme.	13	7
Force	La Terre exerce toujours une force sur les autres objets	13	2
	Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets	12	0
Réalisation d'une représentation	Diagramme système interaction	0	16
	Force	6	13

Tableau 6 : Facettes les plus utilisées (en gras) pour les deux classes.

La continuité du savoir enseigné

Nous calculons le taux de réutilisation du savoir sur la séquence pour toutes les facettes en faisant le rapport du nombre de facettes réutilisées sur le nombre de facettes correspondant à un savoir nouvellement introduit. Le tableau 7 donne une vue sur l'ensemble des facettes sur l'enseignement de la partie « dynamique » dans les deux classes.

Ensemble des facettes pour la partie « dynamique » pour un élément de	Classe 1 (« ordinaire ») Interventions publiques	Classe 2 (R&D) Interventions publiques
- nouveau savoir	49	65
- savoir réutilisé	203	237
Taux réut/Nv sav	4	3,6

Tableau 7 : Ensemble des facettes pour les deux classes.

Le taux du savoir réutilisé par rapport au nouveau savoir est un peu supérieur pour la classe « ordinaire ». Cependant, le plus grand nombre de facettes « nouveau savoir » dans la classe 2 (« R&D ») est dû à l'introduction d'une notion préalable à la force (en l'occurrence l'action, fig1b) et d'une insistance sur les représentations aussi bien du diagramme des interactions que de la représentation vectorielle de la force. Ceci conduit à poser la question de l'intérêt d'un savoir « supplémentaire ». S'agit-il d'une surcharge de savoir conceptuel ou d'une aide pour construire un sens au concept de force ?

Une analyse plus fine permet de montrer que les facettes liées aux représentations sont non seulement plus souvent mises en jeu dans la classe 2 mais qu'elles contribuent aussi largement au taux de réutilisation des facettes dans cette classe.

Analyse des résultats du questionnaire à partir des savoirs enseignés

Les résultats présentés nous conduisent à établir des relations entre les performances des élèves et le savoir enseigné dans chaque classe pour trois types de savoir : concepts difficiles (un objet en mouvement peut ne pas être soumis à une force dans la direction du mouvement), éléments de savoirs standards qui ne sont pas en opposition avec les connaissances initiales des élèves (poids et action de la Terre par exemple), représentations symboliques (règles ou lexiques de la représentation vectorielle des forces). Nous présentons ici pour le premier cas seulement l'analyse *a priori* des questions en termes de facettes.

Analyse *a priori* du questionnaire

Le questionnaire permet de tester si les élèves proposent une force dans la direction du mouvement si un objet est lancé horizontalement sur un support sans frottement (tableau 1) ou verticalement (question tableau 2). Pour ces questions, trois facettes sont pertinentes, l'une concernant le concept de force : « Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets », les deux autres concernant les actions-interactions : « Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B) » et « Quand un objet A n'est plus en contact avec l'objet B il n'exerce plus une action sur lui ». On peut se demander pourquoi des énoncés aussi simples peuvent ne pas être mis en œuvre dans ces questions par une partie des élèves après enseignement. La réponse demande une analyse approfondie du savoir de la physique mais aussi des connaissances des élèves. Cette force dans la direction du mouvement proposée par les élèves (et une grande partie des non physiciens) est un signe de la mise en œuvre d'une relation causale (Viennot, 1996). L'analyse "du physicien" nécessite une décomposition du mouvement, et permet de respecter la causalité de base qu'un changement nécessite une cause. Ainsi, il ne suffit pas de connaître l'énoncé des facettes en question, mais d'être capable de les appliquer en cohérence avec une compréhension du monde matériel. Pour interpréter la différence des résultats entre les deux classes, au delà de la prise en compte de la mise en œuvre de ces facettes, il est utile d'analyser la façon dont le mouvement a été traité.

Analyse *a posteriori* de l'enseignement à partir des facettes *a priori* du questionnaire

Nous avons analysé le nombre de fois où les facettes à utiliser *a priori* pour répondre aux questions concernées (au sujet des actions) ont été utilisées dans l'enseignement. Le nombre de facettes utilisées est en faveur de la classe 2 (tableau 8).

		Classe 1	Classe 2
Action- Interaction	Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)	2	21
	Quand un objet A n'est plus en contact avec l'objet B il n'exerce plus une action sur lui	3	3
Force	Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets	13	1
TOTAL		18	25

Tableau 8 : Nombre de fois où une facette a été introduite et réutilisée

Nous faisons l'hypothèse que ce résultat peut être mis en relation avec les performances des élèves au sujet des concepts considérés : le nombre supérieur de répétitions de ces facettes dans la classe 2 peut avoir favorisé l'apprentissage. Il convient ensuite d'analyser le contexte d'introduction de ces facettes en utilisant l'analyse *méso*, ce que nous ne développons pas ici par manque de place.

Conclusion

La méthodologie adoptée permet d'articuler plusieurs niveaux d'analyse s'enrichissant mutuellement. L'analyse du savoir enseigné permet une analyse *a priori* du questionnaire et une interprétation des performances, avec une mise en relation avec la pratique effective en classe. Il est à noter que les deux

classes étudiées sont semblables du point de vue socio-culturel et les professeurs exerçant dans ces deux classes sont tous deux très expérimentés. On pouvait donc légitimement supposer que le savoir enseigné est un élément important de différenciation. De fait les deux classes ont progressé, ce qui n'est pas surprenant au vu des facettes semblables les plus réutilisées. Pour les notions standards pouvant être associées à des routines, les progrès plus ou moins importants des deux classes correspondent assez directement à des facettes plus ou moins réutilisées. En revanche, pour le cas des concepts difficiles comme « force dans la direction du mouvement » il convient d'être beaucoup plus prudent dans l'interprétation, en menant une analyse conceptuelle plus poussée, et en particulier en analysant les moments d'utilisation des différentes facettes et l'organisation du savoir en thèmes (analyse méso).

Références

- BOEN (1999) Bulletin Officiel de l'Education Nationale hors-série n°6 du 12 août 1999.
- Coulaud, M. (2005). *Evaluer la compréhension des concepts de mécanique chez des élèves de secondes : développement d'outils pour les enseignants*. Thèse de doctorat, Université Lyon 2, Lyon.
- Fisher H., Duit, R. & Labudde, P. (2005). Video-studies on the Practice of Lower Secondary Physics Instruction in Germany and Switzerland – Design, Theoretical Frameworks, and a Summary of Major Findings. In R. Pintò & D. Couso (Eds.), *Proceedings of the fifth international ESERA conference on contributions of research to enhancing students' interest in learning science* (pp. 830-834). Barcelona, Spain.
- Galili, I., & Hazan, A. (2000). The influence of an historically oriented course on students' content knowledge in optics evaluated by means of facets-schemes analysis. *American Journal of Physics*, 68 (Supplement)(7), S3-S15.
- Hiebert, J., Gallimore, J. H. R., Garnier, H., Bogard, K., Hollingsworth, G. H., Jacobs, J., et al. (2003). *Teaching Mathematics in Seven Countries. Results from the TIMSS 1999 Video Study*: National Center for Education Statistics (NCES) U.S. Department of Education.
- Küçüközer, A. (2005). *L'étude de l'évolution de la compréhension conceptuelle des élèves avec un enseignement. Cas de la mécanique en 1ère S*. Unpublished doctorat, Université Lumière Lyon 2, x
- Minstrell, J. (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 110-128). Kiel: IPN.
- Niedderer, H., Budde, M., Givry, D., Psillos, D., Tiberghien, A., & Mälardalens H.. (2005). Learning process studies. In R. Pintò & D. Couso (Eds.), *Proceedings of the fifth international ESERA conference on contributions of research to enhancing students' interest in learning science* (pp. 451-463). Barcelona, Spain.
- Sensevy, G & Mercier A. (2007). *Agir ensemble : Éléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes (PUR).
- SESAMES (2004), groupe de recherche-développement financé par l'INRP et intégré à l'UMR ICAR. Productions disponibles à www2.ac-lyon.fr/enseigne/physique/sesames/ ou à <http://pegase.inrp.fr>
- Tiberghien, A., Malkoun, L., Buty, C., Souassy, N., & Mortimer, E. (2007). Analyse des savoirs en jeu en classe de physique à différentes échelles de temps. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds.), *Agir ensemble : Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Rennes: PUR.
- Tiberghien, A., Malkoun, L. (sous presse). Relations entre pratiques d'enseignement en physique au lycée et performance des élèves. *Education et didactiques.1*.
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique. La part du sens commun*. De Boeck & Larcier.